

| | |
|---------------------|---|
| Zeitschrift: | Schweizerische Bauzeitung |
| Herausgeber: | Verlags-AG der akademischen technischen Vereine |
| Band: | 95/96 (1930) |
| Heft: | 1 |
| Artikel: | Näherungsformeln zur Berechnung von Hänge- und Sprengwerken für Brücken |
| Autor: | Seyller, Otto |
| DOI: | https://doi.org/10.5169/seals-43923 |

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 08.02.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Axialkräfte und Biegmomente für Hänge- und Sprengwerke mit n Feldern ($n \leq 6$)

| Stab | Axialkräfte | | Biegmomente | | Anmerkungen |
|------------------|--|---|--------------------------------|--|---|
| | Mittelbare Belastung | Unmittelbare Belastung | Mittelbare Belastung | Unmittelbare Belastung | |
| Hängesäule V | $+ q l$ | $+ 1,1 q l$ | — | — | Bei Sprengwerken bedeutet V den auf einen inneren Knoten entfallenden Lastanteil. |
| Strebe S | $- \frac{q l}{\sin \alpha}$ | $- \frac{1,1 q l}{\sin \alpha}$ | — | — | Bei den Hänge- und Sprengwerken mit nur zwei Feldern ist |
| Riegel R | $- \frac{q l}{\tan \alpha}$ | $- \frac{1,1 q l}{\tan \alpha}$ | — | — | $S_o = - \frac{q l}{2 \sin \alpha_o}$ bzw. $S_o = - \frac{1,1 q l}{2 \sin \alpha_o}$ und entfallen die Stäbe und Kräfte R . |
| Streckbalken H | $+ \frac{1}{8} \frac{q' L^2}{h}$ $\left[q' = g + \frac{p'}{2} \right]$ | $+ \frac{1}{8} \frac{q'' L^2}{h}$ $\left[q'' = 1,1 \left(g + \frac{p'}{2} \right) \right]$ | $\frac{n-2}{8n^2} p' L^2$ — | $\frac{1}{qn^2} q''' L^2$ $\left[q''' = \left(g + 1,5^n \cdot \frac{p'}{2} \right) \right]$ | Bei den Hänge- und Sprengwerken mit nur zwei Feldern ist die Stabkraft H um den Betrag $\frac{p' L^2}{h}$ zu vergrößern; bei Sprengwerken mit Riegeln zwischen den Strebenköpfen erhält der Streckbalken keine Axialkraft und $H = \text{Strebenschub}$. Beim unterspannten (Polonceau-) Balken sind die Vorzeichen der Axialkräfte entgegengesetzt. |

B. Grösstes Biegmoment im Streckbalken.

Das Eigengewicht g/m erzeugt bei mittelbarem Lastangriff kein Biegmomment; es gilt in allen Fällen

$$M_g = 0 \dots \dots \dots \quad (10)$$

Bei unmittelbarem Lastangriff beträgt es nach den Einflussflächen der oben genannten Arbeit des Verfassers bei Tragwerken mit zwei bis fünf Feldern im ersten Knoten

$$M_g = 0,1250 \quad 0,1000 \quad 0,1071 \quad 0,1053 \cdot g l^2$$

oder im Mittel aller Fälle angenähert

$$M_g = \frac{1}{9} g l^2 \dots \dots \dots \quad (11)$$

Das Biegmomment im ersten Knoten von der halbseitigen Nutzlast p'/m ist nach der gleichen Quelle im Falle mittelbarer Belastung bei

$$\begin{array}{llll} n = 2 & 3 & 4 & 5 \text{ Feldern} \\ M_p = 0 & \frac{1}{8} & \frac{2}{8} & \frac{3}{8} \cdot p' l^2 \end{array}$$

und allgemein

$$M_p = (n-2) \cdot \frac{1}{8} p' l^2 = \frac{n-2}{8n^2} \cdot \frac{1}{8} p' (n l)^2$$

oder

$$M_p = \frac{n-2}{8n^2} \cdot p' L^2 \dots \dots \dots \quad (12)$$

Bei unmittelbarer Belastung gilt für

$$\begin{array}{llll} n = 2 & 3 & 4 & 5 \text{ Felder} \\ M_p = 0,1250 & 0,1825 & 0,3035 & 0,4286 \cdot p' l^2. \end{array}$$

Die Zahenkoefizienten unterscheiden sich wenig von der geometrischen Reihe

$$\frac{1}{8} = 0,1250 \quad 0,1875 \quad 0,2813 \quad 0,4219,$$

deren Anfangsglied $\frac{1}{8}$ und deren Quotient 1,5 ist. Das Moment kann daher in der allgemeinen Form geschrieben werden:

$$M_p = \frac{1,5^{n-2}}{8} p' l^2 = \frac{1,5^n}{18} p' l^2 \dots \dots \dots \quad (13)$$

Das Gesamtmoment ist bei mittelbarer Belastung durch die Formel (12) bestimmt; bei unmittelbarer Belastung ist es

$$M_g = M_g + M_p = \frac{1}{q} g l^2 + \frac{1,5^n}{18} p' l^2 = \frac{1}{qn^2} \left(g + 1,5^n \cdot \frac{p'}{2} \right) L^2$$

oder mit $q''' = \left(g + 1,5^n \cdot \frac{p'}{2} \right)$

$$M = \frac{1}{qn^2} q''' L^2 \dots \dots \dots \quad (14)$$

Die angegebenen Gesamtmomente treten bei zwei bis fünf Feldern im ersten Streckbalkenknoten auf, bei sechs Feldern in gleicher Grösse im ersten und zweiten Knoten; bei mehr als sechs Feldern entsteht das Grösstmoment im zweiten Knoten und gelten die Formeln nicht mehr. Sind

die Feldlängen l ungleich, aber nicht sehr verschieden, so genügt es, eine mittlere Feldlänge $l = L/n$ einzuführen; übrigens wird die Anordnung verschiedener Feldlängen selten begründet sein. Bei vier gleichen Feldern und mittelbarer Belastung wird nach Formel (12) das Grösstmoment $M_p = \frac{1}{64} p' L^2$ wie beim Dreigelenkbogen; im allgemeinen bewegt sich bei $3 \leq n \leq 6$ das grösste Biegmomment der Nutzlast zwischen den Werten $\frac{1}{48} p' L^2$ und $\frac{1}{12} p' L^2$, sodass man im Mittel aller Fälle und in roher Schätzung etwa $M_p = \frac{1}{60} p' L^2$ annehmen kann. Die obenstehende Zahlen-tafel gibt eine übersichtliche Zusammenstellung der abgeleiteten Formeln.

C. Belastungsgleichwerte.

Liegen bewegliche Einzellasten vor, so können ebenfalls die angegebenen Formeln benutzt werden, wenn man statt der Einzellasten passende Belastungsgleichwerte einführt.

Der Belastungsgleichwert p' für die Berechnung der Axialkräfte ergibt sich, indem man in zwei symmetrisch liegenden Streckbalkenknoten (bei den Systemen mit zwei Feldern kommt nur einer in Betracht) und in den angrenzenden Feldern nach Massgabe des vorgeschriebenen Belastungszuges die grössten Lasten anordnet, die Knotengewichte K' und K'' so bestimmt, als ob die angrenzenden Felder frei aufliegende Träger wären, und das arithmetische Mittel $K = \frac{1}{2}(K' + K'')$ nimmt. Der gesuchte Belastungsgleichwert ist

$$p' = \frac{K}{l}; \dots \dots \dots \quad (15)$$

er genügt fast stets auch für die Berechnung der Horizontal-kraft H von der halbseitigen Belastung.

Der Belastungsgleichwert p' für das Biegmomment im Streckbalken ist gleich jenem, der am frei aufliegenden Träger von der Stützweite $L' = L/2$ (Belastungslänge für das Biegmomment) das selbe Grösstmoment M_{\max} erzeugt wie die Einzellasten; es ist sodann $\frac{1}{8} p' L'^2 = M_{\max}$ und

$$p' = \frac{8 M_{\max}}{L'^2} \dots \dots \dots \quad (16)$$

Die angenäherte, fallweise aber auch genaue Richtigkeit dieser Annahmen folgt ohne weiteres aus dem Umstande, dass die grundlegenden Einflussflächen in allen Fällen Dreiecke sind, ist aber auch unschwer mathematisch nachweisbar; die Beziehungen gelten selbstverständlich auch für andere Trägerarten mit dreieckigen Einflussflächen, z. B. für den Dreigelenkbogen.

Wenn die Einzellasten und ihre Abstände nicht sehr verschieden und die Lastabstände im Verhältnis zu den

Feldlängen klein sind, genügt oft auch die durchschnittliche Belastung

$$p = \frac{\Sigma P}{\lambda}, \dots \quad (17)$$

wo ΣP die Summe der auf der Strecke λ möglichen grössten Lasten ist. Fallweise ist auch $p \sim p'$.

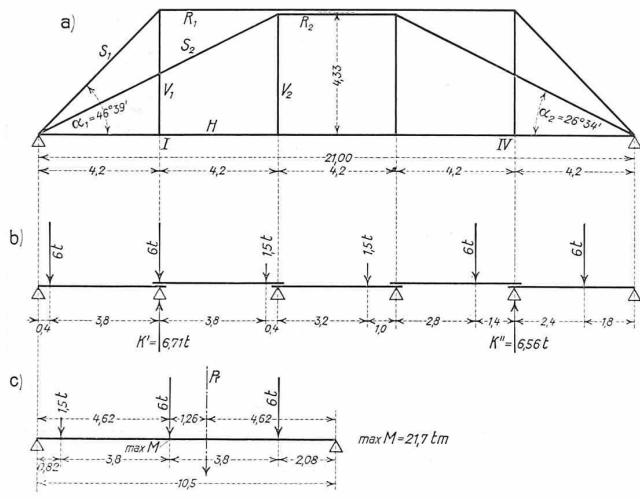


Abb. 2.

Zahlenbeispiel zur Anwendung der Formeln.

Das in der genannten Arbeit des Verfassers mit Hilfe der Einflusslinien berechnete Beispiel 7, Straßenbrücke mit vierfachen Hängewerken von $L = 21$ m Stützweite (Abb. 2a) soll mittels der Formeln berechnet werden. Das Eigengewicht beträgt für einen Träger $g = 1,4$ t/m. Die Nutzlast eines Trägers besteht aus einem Zug von 12 t Lastwagen der alten österreichischen Brückenverordnungen von den Jahren 1904/05 (Abb. 2b und c) und einer Menschenlast von $p_m = 0,69$ t/m. Der Lastangriff ist mittelbar, die Anzahl der Felder $n = 5$, die Feldlänge $l = 4,2$ m. Die den Ergebnissen in Klammern angeschlossenen Werte sind die mittels der Einflusslinien ermittelten.

Die Quoten I und IV erhalten die grösste Belastung vom Wagenzug bei der in Abb. 2b angedeuteten Laststellung, für die die Auflagerdrücke $K' = 6,71$ t und $K'' = 6,56$ t, im Mittel $K = \frac{1}{2} (6,71 + 6,56) = 6,64$ t sind; der Belastungsgleichwert für die Axialkräfte ist $p_w = \frac{6,64}{4,2} = 1,58$ t/m.

Der Belastungsgleichwert für das Biegunsmoment ergibt sich laut Abb. 2c aus dem grössten Biegunsmomente der Einzellasten $M_{\max} = 21,7$ tm mit $p'_w = \frac{8 \cdot 21,7}{10,5^2} = 1,58$ t/m (Uebereinstimmung mit p_w zufällig). Nunmehr ist

$$p = p_m + p_w = 0,69 + 1,58 = 2,27 \text{ t/m} = p';$$

$$q = g + p = 1,40 + 2,27 = 3,67 \text{ t/m};$$

$$q' = g + \frac{p}{2} = 1,40 + \frac{2,27}{2} = 2,54 \text{ t/m}.$$

Axialkräfte und Biegunsmoment:

$$V_1 \sim V_2 = +ql = +3,67 \cdot 4,2 = 15,4 \text{ t (15,4 t und 15,0 t)}$$

$$S_1 = -\frac{ql}{\sin \alpha_1} = -\frac{15,4}{\sin 46^\circ 39'} = -21,2 \text{ t (21,2 t)};$$

$$S_2 = -\frac{ql}{\sin \alpha_2} = -\frac{15,4}{\sin 26^\circ 34'} = -34,4 \text{ t (33,5 t)};$$

$$R_1 = -\frac{ql}{tg \alpha_1} = -\frac{15,4}{tg 46^\circ 39'} = -14,5 \text{ t (14,6 t)};$$

$$R_2 = -\frac{ql}{tg \alpha_2} = -\frac{15,4}{tg 26^\circ 34'} = -30,8 \text{ t (30,0 t)};$$

$$H = +\frac{1}{8} \frac{q' L^2}{h} = +\frac{1}{8} \frac{2,54 \cdot 21,0^2}{4,33} = +32,3 \text{ t (30,2 t)};$$

$$M = \frac{n-2}{8 n^2} p' L^2 = \frac{5-2}{8 \cdot 5^2} \cdot 2,27 \cdot 21,0^2 = \frac{3}{200} \cdot 2,27 \cdot 21,0^2 = 15,0 \text{ tm (15,3 tm)}.$$

Diese Formelwerte stimmen mit jenen der Einflusslinien recht gut überein.



Abb. 1.

Bemerkungen zur Strömung über scharfkantige Ueberfallwehre.

In einer bemerkenswerten Untersuchung hat Hailer¹⁾ über Unregelmässigkeiten bei Ueberfallmessungen berichtet, die er im Thoma'schen Laboratorium in München beobachtet hat. Er sieht die Ursache in der Ablösung der bodennahen strömenden Schichten kurz vor dem Ueberfallwehr. Die Ablösung ist vom theoretischen Standpunkt aus durchaus naheliegend und wäre an sich nicht weiter bedenklich, wenn sie geordnet und reproduzierbar erfolgen würde.

Dass diese Ablösung nicht nur bei kleinen Ueberfällen vorhanden ist, zeigt die Aufnahme Abb. 1 überzeugend. In einen Laboratoriums-Messkanal von rund 2 m Breite

waren zufällig grössere Mengen feinen Schlamm eingedrungen, die sich in sehr charakteristischer Weise vor dem eingebauten Ueberfallwehr von 0,59 m Höhe ablageren. Abbildung 2 zeigt schematisch, wie die photographische Aufnahme erfolgte.

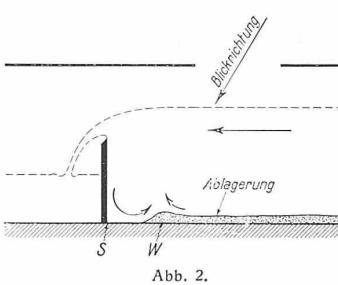


Abb. 2.

Man kann in Abb. 1 unmittelbar unter dem oberen Riffelblech die Kante S (Abb. 2) noch sehen. Die Ablagerung reicht nicht bis zur Wehrtafel, sondern hört in etwa 25 cm davor fast vollständig auf. Zweifellos haben starke Rückströmungen die Ablagerung verhindert und einen Wall A gebildet, dessen Grundriss nun sehr deutlich den Einfluss der Geschwindigkeitsverteilung, insbesondere die verringerte Geschwindigkeit in der Nähe der Seitenwände zeigt. Im übrigen ist sie fast völlig symmetrisch. (Die „Mondkrater“ im Schlamm sind hervorgerufen durch auffallende Wassertropfen.) Wenn die Ablösung in diesem Masse vorhanden ist, darf man nicht erstaunt sein, wenn bei praktisch verwendeten grösseren Ueberfällen mit relativ kleinen Anlaufängen vor dem Wehr Unstimmigkeiten auftreten. Die Ablösestelle ist ja nicht geometrisch definiert (wie etwa die Wehrkante), sondern muss in undurchsichtiger Weise von Bodenrauhigkeit, Reynolds'scher Zahl, ferner von Geschwindigkeitsverteilung und Turbulenzgrad des ankommenden Wassers abhängen. Es ist nicht gleichgültig, ob etwa das Wasser in kompakten Massen aus einer Francisturbine oder in zahlreichen feinverteilten Strahlen aus einem Peltonrad in den Messkanal tritt. Die gewöhnlich angewandten Beruhigungseinrichtungen sind nicht immer ausreichend, um jene Unterschiede zu verwaschen. Wenn sich aber die Ablösestelle verschiebt, ist, wie wir aus den

¹⁾ Mitt. d. hydr. Inst. München, Heft 3, 1929, S. 1.